

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ КОЖУХОВ ДВИГАТЕЛЕЙ САМОЛЕТОВ

Максименков В.И., Молод М.В., Карпухин А.Н.

ФГУП «Научно- исследовательский институт автоматизированных средств производства и контроля», г. Воронеж

Учитывая ужесточение норм ИКАО по шумоглушению летательных аппаратов, в НИИ и ОКБ ведется изыскание и разработка новых конструктивных решений слоистых звукопоглощающих конструкций (ЗПК), используемых в каналах воздухозаборников самолетов и кожухах двигателей. Многообразие конструктивных решений, геометрических форм и размеров слоистых конструкций, используемых в изделиях, применение различных материалов с большим диапазоном колебания механических характеристик требует разработки новых и совершенствования существующих технологических процессов изготовления ЗПК, обеспечивающих заданную точность.

В статье приведены результаты исследований сотовых панелей, имеющих два и три несущих слоя, разделенных сотовым наполнителем. Материалы несущих слоев сотовых панелей и наполнителя – титановые сплавы и нержавеющие стали.

Трехслойные и пятислойные панели изготавливались методом контактной сварки (“Stressskin”), диффузионной, а также комбинированным методом (1 слой контактная сварка + 2 слой диффузионная сварка).

Поиск и отработка новых конструктивных решений осуществлялись одновременно с проведением механических испытаний сотовых панелей.

Для сравнительной оценки механических характеристик трехслойных и пятислойных сотовых панелей, изготовленных по различным технологиям, были выбраны следующие виды механических испытаний:

- Испытания на продольное сжатие;
- Испытание на сдвиг;
- Испытание на отрыв обшивок от сотового наполнителя.

Испытание на продольное сжатие панелей с сотовым наполнителем позволяет определить их несущую способность при данном виде нагружения, оценить влияние конструктивно-технологических параметров на величину критических напряжений, выявить форму потери устойчивости и характер разрушения.

Испытание панелей на сдвиг в плоскости несущих слоев позволяет оценить предел прочности на сдвиг.

Испытание на отрыв несущих обшивок от сотового наполнителя характеризует, главным образом, прочность соединения обшивок с наполнителем и потому позволяет оценить эффективность выбранного технологического процесса изготовления панелей.

С учетом работ [1,2] была разработана методика испытаний образцов.

Результаты механических испытаний изложены в табл. 3.2.

Таблица 3.2.

Тип панелей		σ_B МПа	$\tau_{сдв}$ МПа	$\sigma_{отр}$ МПа
Трехслойные	исходные	<u>183-344</u> 239	1,30	80
	отожженные 850°C 1 час	<u>191-352</u> 241	1,31	
	отожженные 950°C 1 час	<u>193-359</u> 243	1,33	
	термодеформированные	<u>294-432</u> 380	1,76	
	диффузионносварные	<u>310-630</u> 395	2,12	600
Пяти- слой- ные	комбинированные	<u>195-362</u> 245	1,33	
	диффузионносварные	<u>295-590</u> 360	1,89	

Проведенные испытания позволяют выбрать конструкцию сотовой панели с требуемыми механическими характеристиками.

Технологический процесс изготовления кожухов ЗПК включает операции раскроя секторов из плоских панелей и их формообразование, сварки секторов в обечайку, калибровку обечайки, приварку фланцев, испытание на герметичность и контроль.

В зависимости от материала ЗПК формообразование осуществляется в холодном состоянии и с нагревом. Операции нагрева применяют для изготовления кожухов ЗПК преимущественно из титановых сплавов.

При формообразовании сотовых трехслойных и пятислойных панелей следует учитывать возможность появления браковочных признаков - разрыв наружного слоя, потеря устойчивости внутреннего слоя, смятие или недопустимый сдвиг заполнителя, недопустимые отклонения оболочки от заданной формы в продольном (пружинение) и поперечном направлениях (седловидность).

Исключить возможность появления браковочных признаков за счет управления процессом формообразования одна из задач, рассмотренная в данной статье. Это обеспечивается за счет разработанной математической модели процесса деформирования.

Рассмотрим процесс формообразования сотовых панелей ЗПК в холодном состоянии на гибочно-растяжном прессе.

При формообразовании на гибочно-растяжных прессах приняты следующие допущения:

- Формообразование осуществляется по схеме растяжение-изгиб (*P-II*) без учета сил трения

- Кривая течения $\sigma - \varepsilon$ заменяется ломаной, состоящей из двух прямых – упругого и пластического участков.

Определив значения деформаций и напряжений в несущих слоях на этапе растяжения, переходим к рассмотрению связи между напряжениями и деформациями верхнего σ_1 , ε_1 и нижнего σ_2 , ε_2 несущих слоев на этапе изгиба

$$\varepsilon_1 = e + \frac{\sigma_1 - \sigma_{01}}{E_1^e},$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E_2^e} + \left(\frac{1}{E_2^p} - \frac{1}{E_2^e} \right) (\sigma_2 - \sigma_{s2}),$$

где e – деформация предварительного растяжения;

σ_1, σ_2 – напряжения нижнего и верхнего несущих слоев при изгибе;

σ_{s2} – предел текучести верхнего несущего слоя;

σ_{01} – напряжение нижнего несущего слоя на этапе растяжения;

E_1^e, E_2^e – модули упругости нижнего и верхнего несущих слоев;

E_2^p – модуль пластичности верхнего несущего слоя.

Связь между деформациями можно представить

$$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 = l_r = \ln \left(1 + \frac{H}{R_n} \right),$$

где H – высота сотового заполнителя; R_n – радиус пуансона.

Условие постоянства растягивающего усилия на этапе изгиба имеет вид

$$h_1(\sigma_1 - \sigma_{01}) + h_2(\sigma_2 - \sigma_{02}) = 0,$$

где h_1, h_2 – толщины несущих слоев.

Решение системы уравнений позволяет определить значения $\sigma_1, \sigma_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2$.

Рассматривая этап разгрузки и приняв равенство нулю значения остаточных напряжений, получаем соотношение между радиусами пуансона и радиусами детали

$$\frac{H}{R_n} = A \frac{H}{R_{II}} + B,$$

$$\text{где } A = \frac{1}{C_2}; C_1 = \frac{E_1^P}{E_1^e} - \frac{E_2^P}{E_2^e}; C_2 = \left(1 - \frac{E_2^P}{E_2^e}\right) \frac{h_1 E_1^e}{h_1 E_1^e + h_2 E_2^P};$$

$$B = -\frac{C_1 e + C_3}{C_2}; C_3 = \sigma_{s1} \frac{E_1^P}{E_1^e} \left(\frac{1}{E_1^P} - \frac{1}{E_1^e}\right) - \sigma_{s2} \frac{E_2^P}{E_2^e} \left(1 - \frac{E_2^P}{E_2^e}\right).$$

Аналогичным образом решается задача для пятислойных панелей.

Полученные значения позволяют определять значения напряжений и деформаций на всех этапах процесса формообразования, осуществлять коррекцию пуансона на величину пружинения.

Комплекс проведенных исследований трех- и пятислойных оболочек позволил выявить зависимости пружинения от толщины несущих слоев (рис.1), высоты заполнителя (рис.2), положения срединного несущего слоя при формообразовании пятислойной панели (рис.3).

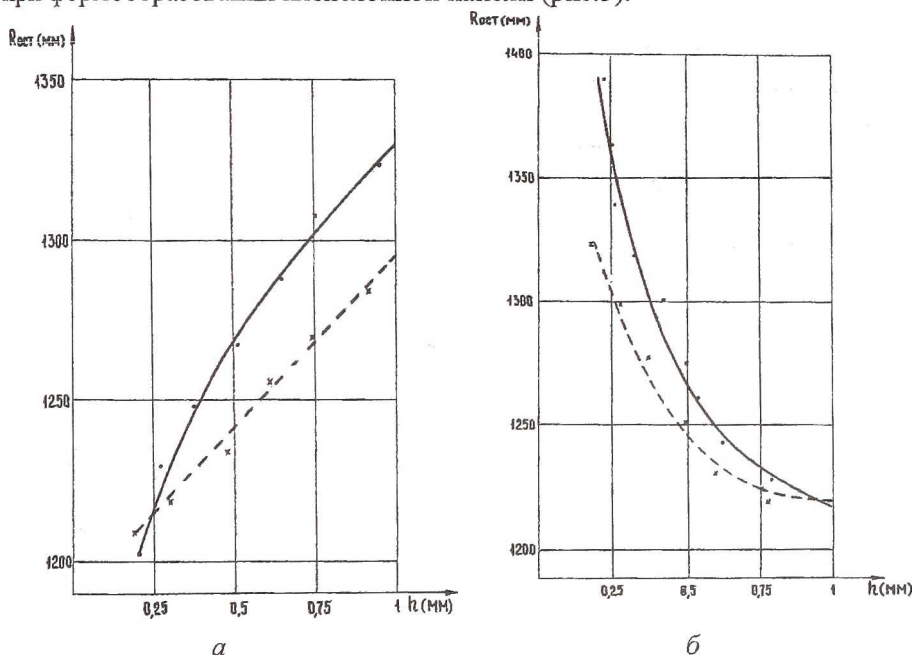


Рис.1. Зависимости пружинения $R_{ост}$ от толщин h внешнего (а) и внутреннего (б) несущих слоев:

----- -трехслойная оболочка ————— - пятислойная оболочка

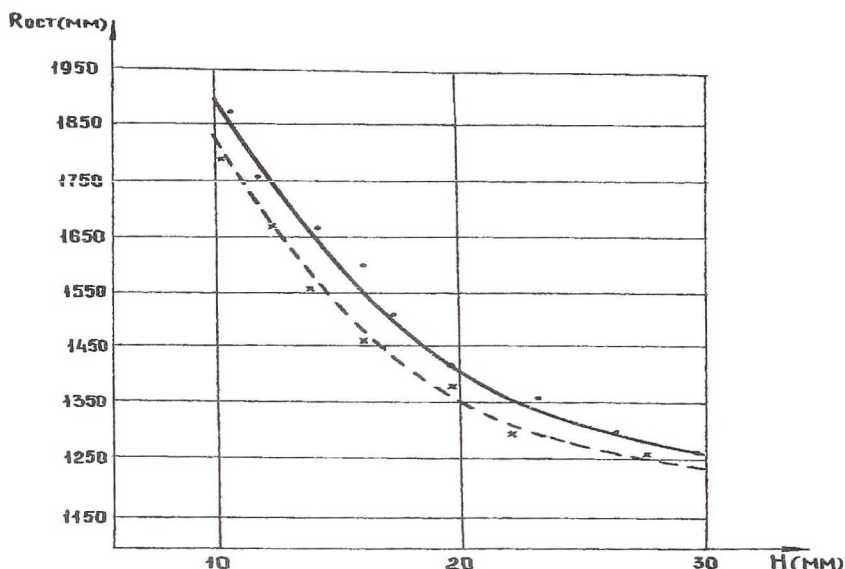


Рис.2. Зависимость пружинения $R_{ост}$ от высоты заполнителя:
 ----- трехслойная оболочка; ————— пятислойная оболочка

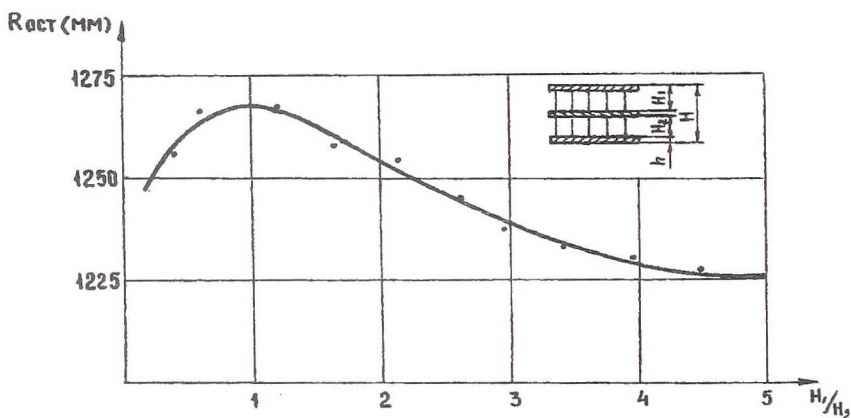


Рис.4. Зависимость пружинения $R_{ост}$ от положения среднего слоя
 пятислойной оболочки

Разработанная методика корректировки обтяжных пуансонов на величину пружинения, внедренная на ОАО «Металлист-Самара» для трехслойных панелей, может быть использована при формообразовании пятислойных панелей.

1. Панин В.Ф. Конструкции с сотовым заполнителем. М.: Машиностроение, 1982. С.182
2. Ендогур А.И, Вайнберг М.В., Иерусалимский К.М. Сотовые конструкции. М.: Машиностроение, 1986. С. 198

МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МНОГОФАЗНОГО СТРУЙНОГО АППАРАТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ РАКЕТНОЙ КАМЕРЫ

Первышин А.Н., Винокуров М.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Конверсионное использование опыта, накопленного при создании ракетных двигателей малой тяги открывает широкие перспективы совершенствования рабочего процесса технологических установок различного назначения. В частности, применение газогенератора на базе ракетной камеры в составе струйного аппарата существенно повышает его энергооборуженность и расширяет спектр решаемых технологических задач, к числу которых можно отнести резку, нанесение износостойких и коррозионно-стойких покрытий, струйно-абразивную обработку и ряд других.

Разработка такого струйного аппарата требует решения ряда специфических вопросов, обусловленных наличием высокотемпературной сверхзвуковой струи продуктов сгорания ракетного топлива в качестве активного рабочего тела, и многофазного пассивного рабочего тела в состав которого, в общем случае, входят сыпучий компонент (абразив, напыляемый материал и т.п.), жидкость (вода для пылегашения и теплозащиты газодинамического тракта) и транспортирующий газ.

Ниже рассмотрена модель рабочего процесса многофазного струйного аппарата технологической установки на базе ракетной камеры.

Вывод уравнений выполнен в рамках следующих основных допущений:

- все компоненты рабочего тела равномерно распределены по объему смеси и находятся в тепловом и механическом равновесии друг с другом;
- изменение состояния смеси не сопровождается химическими превращениями;
- весь жидкий компонент в пассивном рабочем теле находится в конденсированном состоянии и при смесеобразовании (с активным рабочим телом) испаряется полностью;